昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*，June 2008，51(6)：640 - 645 ISSN 0454-6296

温度对灰飞虱生物学特性的影响

张爱民，刘向东*，翟保平，顾晓莹
（南京农业大学昆虫学系，南京 210095）

摘要：为了明确温度对灰飞虱种群的影响及其在种群暴发中的作用，本文对不同温度下（18～30℃）灰飞虱种群的生长发育、存活、翅型和繁殖等生物学特性进行了系统研究。结果表明：在18～27℃范围内，各虫态的发育历期、成虫寿命、产卵前期和产卵期均随温度的升高而缩短；30℃明显抑制了若虫的生长发育，其发育历期延长了16 d左右，但对卵期无影响。21～27℃下灰飞虱的存活率较高，在81%～88%之间；但30℃下存活率极低，仅为5%左右。温度影响了灰飞虱种群的性比和翅型，18℃下雄性显著多于雌性，21～30℃下性比接近1∶1；18℃和21℃下雄性个体中长翅型和短翅型的比率无显著差异，但24℃和27℃下长翅型极显著多于短翅型。雌性个体以短翅型为主，但24℃和27℃下也有长翅型个体出现。18～27℃下灰飞虱的产卵量有随温度升高而增大的趋势，但30℃时成虫寿命极短，没有卵产生。18～27℃下灰飞虱种群增殖能力很强，种群趋势指数在30～46之间，很易暴发成灾。本研究还得到了灰飞虱各龄若虫的发育起点温度和有效积温，这有助于灰飞虱发生期的预测。

关键词：灰飞虱；温度；存活；繁殖；性比；翅型；发育起点温度；有效积温
中图分类号：Q968 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2008)06-0640-06

Influences of temperature on biological characteristics of the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Fallén) (Hemiptera: Delphacidae)

ZHANG Ai-Min, LIU Xiang-Dong*, ZHAI Bao-Ping, GU Xiao-Ying (Department of Entomology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: The development, survival, wing dimorphism and fecundity of the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Fallén) (SBPH) at different temperatures (18 - 30℃) were studied in order to illustrate the influences of temperature on development and outbreak of the SBPH population. The results showed that the developmental duration, longevity of adult, preoviposition and oviposition duration decreased with the increase of temperature from 18℃ to 27℃, whereas the development of nymph became slow at 30℃, and the development duration was delayed about 16 days. However, the high temperature of 30℃ did not influence the development of egg stage. The survival rate of SBPH was higher (81% - 88%) at 21 - 27℃, but it decreased to 5% as the temperature increased to 30℃. The effects of temperature on sex ratio and wing dimorphism of SBPH were also studied. The results indicated that the sex ratio (female∶male) was significantly less than 1∶1 at 18℃, whereas there was no significant difference at 21 - 30℃. The numbers of macropterous males and brachypterous males were similar at 18℃ and 21℃, but the macroptery was significantly more than the brachyptery at 24℃ and 27℃. The brachyptery was dominant in females, but the macropterous females were also found at 24℃ and 27℃. The number of eggs per female increased as the temperature increased from 18℃ to 27℃, but at 30℃ the longevity of female adults was very short and they did not lay eggs. The fecundity of SBPH was higher at 18 - 27℃, and the trend index of experimental population was 37.32, 43.30, 30.23 and 46.61 at 18℃, 21℃, 24℃ and 27℃, respectively. This implied that the SBPH population was liable to outbreak under these temperatures. The threshold of development and effective accumulated temperature of each instar of nymph were measured in this study, which are useful for forecasting the occurrence date of SBPH.

基金项目：江苏省高技术研究计划（农业）（BG2007341）
作者简介：张爱民，男，1981年生，山东滨州人，硕士研究生，主要从事昆虫生态及预测预报研究，E-mail：2006102089@njau.edu.cn
* 通讯作者 Author for correspondence，E-mail：liuxd@njau.edu.cn
收稿日期 Received：2007-12-06；接受日期 Accepted：2008-03-27

Key words: *Laodelphax striatellus*; temperature; survival; fecundity; sex ratio; wing dimorphism; threshold of development; effective accumulated temperature

灰飞虱 *Laodelphax striatellus*（Fallén）广泛分布于东亚、东南亚、欧洲和北非等地；国内分布遍及全国各地，但以长江中下游流域及华北稻区较多（浦茂华，1963；蔡邦华等，1964；刘向东等，2006）。灰飞虱是水稻的毁灭性害虫之一，在 3 种稻飞虱中发生最早，主要为害早、中稻秧田和本田分蘖期的稻苗。除以若虫和成虫刺吸危害外，成虫在水稻植株体内产卵也能造成危害。同时，灰飞虱能取食和为害小麦、玉米等多种禾本科植物，并且能传播多种病毒病，如水稻黑条矮缩病（rice black-streaked dwarf fijivirus，RBSDV）和条纹叶枯病（rice stripe disease，RSD）并造成病害的普遍流行（夏温澍，1962；阮义理等，1981）。1997－2003 年由灰飞虱传播的水稻条纹叶枯病在云南、北京、河南、山东及苏北等地普遍发生，造成部分田块颗粒无收（陈来等，2005）。近年来，灰飞虱种群在各稻区均呈明显上升态势，并且多年暴发成灾。因此，对灰飞虱种群的生物学和生态学特性进行研究，剖析其暴发成灾原因，显得相当重要。

灰飞虱既耐寒也喜温（浦茂华，1963；马巨法等，1998）。研究表明，灰飞虱的耐高温性要比褐飞虱和白背飞虱强（马巨法等，1998），但 35℃的高温对灰飞虱种群的发展有一定的抑制作用（刘向东等，2007）。目前，温度对灰飞虱种群的影响还缺乏系统研究，并且近年来灰飞虱的大暴发是否与气温变化有关也没有明确结论。因此，本文系统地研究了不同温度对灰飞虱生长发育、存活、繁殖、性比及翅型分化等生物学特性的影响，分析了灰飞虱近年暴发的可能原因，以期为灰飞虱种群的发生发展动态预测与治理提供有利依据或指导。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

试验用灰飞虱种群采自江苏稻田，在光照培养箱（24℃，L∶D＝12∶12）内用稻苗（武育粳 3 号）饲养多代备用。

1.2　发育历期和存活率的测定

在光照培养箱内设定 18℃，21℃，24℃，27℃，30℃ 5 个恒定温度（±1℃），光周期为 12L∶12D。将刚羽化的灰飞虱雌、雄虫配对后接入放有新稻苗的大试管（直径 3 cm，高 20 cm）中，让其交配产卵。每天更换一次稻苗，并将产过卵的稻苗移到各温度下进行饲养。不同温度下灰飞虱各虫态（龄）发育历期及存活率的测定采用单苗单虫饲养观察法。具体方法为：将同日孵化的若虫单头饲养于小试管（直径 2 cm，高 8 cm）中，内置稻苗 1 株，并加入 1 mL 左右的水稻培养液，以供水稻生长和保持管内一定湿度。管口用纱布扎严，以防飞虱逃逸。各温度下的初始若虫数不少于 100 头。定时更换稻苗、添加营养液和更换试管，以保证饲养稻苗的鲜嫩和试管的干净。每天 8∶00 和 20∶00 时定时观察每头灰飞虱的脱皮情况，记录各虫态的发育和死亡情况，直到所有存活试虫都羽化到成虫为止。最后统计灰飞虱各发育阶段的存活虫数、卵历期、各龄龄期、性比和翅型等参数。

1.3　繁殖力的测定

将同一温度下当日羽化的雌、雄虫配对后于大试管稻苗中进行产卵量测定。每温度下饲养的灰飞虱，产卵量测定不少于 20 对。采取每天换苗镜检法，调查每头雌虫每日产卵量。当产卵前雄虫出现死亡时，则追加雄虫，以保证雌虫能交配。在调查卵量的同时，记录雌、雄虫死亡的时间，得到雌、雄虫的寿命。卵量检查直到雌虫死亡为止。调查结束后，统计成虫寿命、每雌产卵量、最大产卵量、产卵前期和产卵期。

1.4　数据统计方法

灰飞虱的有效积温 K 和发育起点温度 C 利用最适温度范围内（18～27℃）测定的各虫态（龄）的发育历期数据，采用‘最小二乘法’进行计算（张孝羲，2000）。不同温度间灰飞虱的发育历期和产卵量的比较采用 Duncan 新复极差法进行多重比较分析（$P<0.05$）。不同温度下性比及短翅型比率采用非参数检验中的二项分布检验方法，比较其是否显著偏离 1∶1 或 0.5。所有差异显著性分析均在统计软件 SAS 9.0 中进行。

2　结果与分析

2.1　温度对灰飞虱生长发育的影响

不同温度下灰飞虱卵、1～5 龄若虫的发育历期及成虫寿命如图 1 所示。由图 1 可知，18～27℃是灰飞虱的最适宜温度范围，表现为各虫态（龄）的发

育历期及成虫寿命随温度的升高直线下降，且符合有效积温法则（表 1）。温度升至 30℃时，卵的发育历期比 18～27℃下的显著缩短，并比有效积温法则预测出的历期仅短 0.5 d（表 1），这说明 30℃仍属于灰飞虱卵的最适温度。30℃下成虫数量相当少，且羽化出的成虫寿命仅 5 d 左右。但是，30℃下灰飞虱 1～5 龄若虫的历期却比 21～27℃下的显著增长（图 1），并且分别比有效积温法预测出的理论历期延长 1.3，4.5，4.5，4.6 和 3.1 d，整个若虫期比预测值延长 16 d 左右（表 1）。由此说明，30℃的高温明显抑制了灰飞虱若虫的发育。

由表 1 还可知灰飞虱各虫态（龄）的发育起点温度和有效积温，卵、1～5 龄若虫、整个若虫期及卵到成虫期的发育起点温度分别为：11.58 ± 0.53℃，12.46 ± 1.31℃，13.88 ± 0.78℃，15.53 ± 0.36 ℃，14.26 ± 0.61℃，10.53 ± 2.28℃，13.35 ± 4.11℃ 和 12.78 ± 6.04℃；有效积温分别为：110.05 ± 0.031 日度、43.94 ± 0.19 日度、30.64 ± 0.21 日度、24.30 ± 0.16 日度、31.44 ± 0.17 日度、63.03 ± 0.18 日度、189.89 ± 0.10 日度和 300.39 ± 0.26 日度。

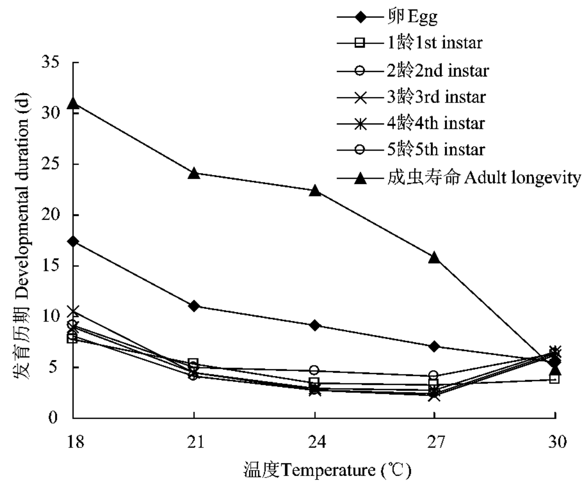


图 1 不同温度下灰飞虱各虫态（龄）的发育历期及成虫寿命

Fig. 1 Developmental duration of egg and different instars and longevity of adults of SBPH at different temperatures

表 1 灰飞虱各虫态（龄）发育历期的预测模型（18～27℃）

Table 1 Forecast model of developmental duration of different stages of SBPH（18～27℃）

发育阶段 Developmental stage	预测式 Forecast model $N = K/(T - C)$ *	30℃下历期的预测值（d） Forecasted developmental duration at 30℃	30℃下历期的实测值（d） Observed developmental duration at 30℃
卵期 Egg	$110.05/(T - 11.58)$ ($R^2 = 0.99$)	6.0	5.5
1 龄 1st instar	$43.94/(T - 12.46)$ ($R^2 = 0.92$)	2.5	3.8
2 龄 2nd instar	$30.64/(T - 13.88)$ ($R^2 = 0.96$)	1.9	6.4
3 龄 3rd instar	$24.30/(T - 15.53)$ ($R^2 = 0.99$)	1.7	6.2
4 龄 4th instar	$31.44/(T - 14.26)$ ($R^2 = 0.94$)	2.0	6.6
5 龄 5th instar	$63.03/(T - 10.53)$ ($R^2 = 0.84$)	3.2	6.3
若虫期 Nymph	$189.89/(T - 13.35)$ ($R^2 = 0.96$)	11.4	27.5
卵 – 成虫 Egg – adult	$300.39/(T - 12.78)$ ($R^2 = 0.98$)	17.4	32.5

* 预测模型中 N 为发育历期（d），K 为有效积温（日度），C 为发育起点温度（℃），T 为环境温度（℃）。In the forecast model，N means developmental duration，K means effective accumulated temperature，C means threshold of development，and T means environmental temperature.

2.2 温度对灰飞虱存活的影响

不同温度下灰飞虱种群在不同发育阶段的存活率如图 2 所示。由图 2 可知，21～27℃下，灰飞虱若虫期的存活率在 88%～93%之间，发育到成虫时的存活率也在 81%～88%之间，并且不同温度间差异极小。18℃下 1 龄若虫的死亡率稍高，在 20%左右，但以后虫龄死亡率较低，表现为存活曲线平缓，发育到成虫时的存活率在 75%左右。但在 30℃下，灰飞虱的存活率下降迅速，发育到 5 龄时存活率已降到 48%，成虫时存活率仅为 5%左右。由此说明，30℃的高温已对灰飞虱种群的生存产生了严重影响。

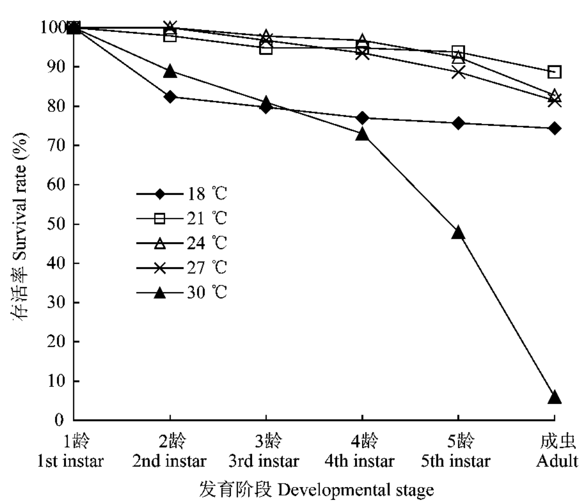


图 2 灰飞虱在不同温度下的存活曲线

Fig. 2 Survival curves of SBPH at different temperatures

2.3 温度对灰飞虱翅型与性比的影响

对不同温度下饲养的灰飞虱种群的性比及翅型进行统计分析，结果如表 2 所示，不同温度下饲养的灰飞虱性比存在显著差异，表现为低温条件下

(18℃)雄性个体显著多于雌性个体($P < 0.01$)，而 21～30℃之间雌雄比率相当，性比与 1∶1 无显著差异($P > 0.05$)，不过，30℃下羽化出的个体数太少($n = 7$)，可能不具代表性。在翅型分化上，18～30℃下 84%～100%的雌虫为短翅型，占绝对优势，但 24℃和 27℃下也有部分长翅型雌虫产生，如 24℃和 27℃下均有 16%的长翅型个体。雄虫多为长翅型，但在 18℃和 21℃下短翅和长翅个体数无显著差异($P > 0.05$)，而在 24～27℃下几乎无短翅型出现($P < 0.01$)，温度升至 30℃时羽化出的雄虫又均为短翅型。

2.4　温度对灰飞虱繁殖力的影响

由表 3 可知，21～27℃下灰飞虱的产卵前期约为 2～3 d，产卵期 16～22 d。灰飞虱的繁殖力明显受温度的影响，表现为：30℃高温下饲养的灰飞虱雌成虫仅能存活 1～2 d，并且没有卵产生。而在 18～27℃下饲养时，雌虫产卵量随温度的升高而增大，并且 27℃下的产卵量显著高于 18℃($P < 0.05$)，但产卵量在 18℃，21℃，24℃之间及 21℃，24℃，27℃之间无显著差异($P > 0.05$)。灰飞虱的最大产卵量也表现为 27℃下最高，达 367 粒/♀。不同温度下的种群趋势指数表现出：灰飞虱种群在 18～27℃下的繁殖力相当高，世代间种群呈 30～46 倍数增长。

表 2　不同温度下饲养的灰飞虱的性比与翅型

Table 2　Sex ratio and wing dimorphism of SBPH reared at different temperatures

温度(℃) Temperature	N	性比(♀∶♂) Sex ratio	短翅型比例 Ratio of brachyptery ♀	短翅型比例 Ratio of brachyptery ♂
18	61	1∶1.90*	1.00**	0.45ns
21	86	1∶0.96ns	1.00**	0.45ns
24	77	1∶1.48ns	0.84**	0.00**
27	101	1∶1.06ns	0.84**	0.04**
30	7	1∶1.33ns	1.00**	1.00**

*和**分别表示性比或短翅型比率与 1∶1 或 0.5 存在显著($P < 0.05$)和极显著($P < 0.01$)差异；ns 表示无显著差异。* and ** show significant difference of sex ratio or wing dimorphism compared with 1∶1 or 0.5 at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ level, respectively; ns shows no significant difference.

表 3　不同温度下雌虫的寿命与繁殖力

Table 3　Longevity and fecundity of female adults of SBPH at different constant temperatures

温 度(℃) Temperature	雌虫寿命(d) Longevity of female	产卵前期(d) Preoviposition duration	产卵期(d) Oviposition duration	平均产卵量(粒/♀) Average number of egg per female	最大产卵量(粒/♀) Maximum number of egg per female	种群趋势指数 I
18	41.5±4.8 a	7.1±0.4 a	32.6±4.7 a	103.00±19.69 b	238	37.32
21	29.2±1.8 b	2.7±0.4 bc	21.9±1.8 b	161.37±18.02 ab	336	43.30
24	22.7±2.1 b	3.2±0.4 b	17.6±2.8 b	166.44±32.85 ab	301	30.23
27	19.1±1.3 b	2.1±0.2 c	15.9±1.4 b	187.35±22.51 a	367	46.61
30	1.8±0.7 c	–	–	0 c	0	0

3　讨论

温度是影响昆虫生长发育的一个重要因素。浦茂华(1963)指出在平均温度为 18.8～28.5℃条件下，灰飞虱若虫历期随温度升高而缩短；但当日平均温度超过 29℃时，4、5 龄若虫的历期则会延长，甚至发生滞育和死亡现象。百泉农业专科学校昆虫教研组(1975)也指出当温度超过 28℃时，发育速度减慢，以 27℃若虫发育最快。日本学者 Hachiya(1990)研究发现，灰飞虱的最适生长、繁殖温度为 25～28℃，卵和若虫在 15～25℃下发育速率直线加快，但在 30℃或 32.5℃时直线关系不复存在。本研究结果与前人的基本一致，在 18～27℃范围内，灰飞虱各虫态的发育历期、成虫寿命、雌虫产卵前期和产卵期随温度的升高而显著缩短；30℃时各龄若虫的历期均延长，成虫羽化率极低，明显不利于灰飞虱的生存。但本研究还发现，30℃并不能抑制灰飞虱卵的发育，在 18～30℃下卵的发育速率呈直线加快，这与 Hachiya (1990)的结果稍有不同。这种差异可能与灰飞虱的不同地理种群对温度的反应不同有关；也有可能是全球气候变暖后，灰飞虱种群对高温的适应能力增强有关。

Hachiya(1990)在 15～25℃下得到卵、雌若虫和雄若虫的发育起点温度分别为 10.5℃，11.2℃和 11.0℃；孙兴全等(2000)在 16～31℃下测得卵和若虫的发育起点温度分别为 10.9℃和 1.2℃，有效积温分别为 120.1 日度和 437.2 日度。本研究测定出卵和若虫的发育起点温度分别为 11.6℃和 13.4℃，有效积温分别为 110.1 日度和 189.9 日度，该结果和 Hachiya(1990)的基本一致，且若虫的发育起点温度要稍高于卵的发育起点温度。而孙兴全等(2000)测定的若虫发育起点温度(1.2℃)明显低于卵的发育起点温度(10.9℃)，这一结果值得商讨。另外，本研究还测定出了各龄若虫的发育起点温度和有效积温，这有助于进行灰飞虱的发生期预测工作。

灰飞虱成虫有长翅型和短翅型两种类型。蔡邦华等(1964)指出,在天津地区短翅型雌虫经常可见,短翅型雄虫则极为稀少。林莉等(1990)调查发现云南保山地区灰飞虱各代雌虫略多于雄虫,1~7 代短翅型占 13.3%~74.1%,平均为 37.2%,且越冬代短翅型成虫多于长翅型成虫。Mahmud (1980)提出营养状况和拥挤度决定了灰飞虱翅的多态性。本研究采用单苗单头饲养法,保证了营养状况和拥挤度的一致性,测定发现在较低温度下(如 18℃)饲养的灰飞虱,其雄虫显著多于雌虫,而在适宜的 21~27℃下,雌雄个体的比率相当,性比接近于 1∶1。由此说明,灰飞虱的性比受环境温度的影响。本研究还发现,无论何种温度下,雌虫多为短翅型,而雄虫多为长翅型;24℃和 27℃下羽化出的雄虫几乎全为长翅型。这与蔡邦华等(1964)提出的'短翅型雄虫极为稀少'相符。但是,在较低温度 18℃和 21℃及较高温度 30℃下,灰飞虱雄虫中短翅型比率明显增多,表现为长翅型与短翅型基本相当,或短翅多于长翅,但同样温度下雌虫却几乎全为短翅型。由此说明温度对灰飞虱雄性的翅型分化有明显影响,而基本不影响雌性的翅型分化。

灰飞虱的繁殖与温度有一定的关系。高东明等(1994)指出灰飞虱产卵较适宜的温度在 20~27℃之间,高于 27℃或低于 20℃对产卵量均有影响,温度低于 15℃则停止产卵。孙兴全等(2000)研究发现灰飞虱在 25℃下的产卵量最大。本研究也得出灰飞虱在 27℃下的产卵量最大,而在 30℃下不能产卵,这与前人的研究结果相一致。近年灰飞虱种群的暴发很可能与夏季高温不高、冬季低温不低有关。汪恩国(2007)根据气象资料分析得出,近年来 10 月至翌年 4 月的平均气温渐趋上升,1986-1990 年为 11.7℃,1991-1995 年为 11.64℃,1996-2000 年为 12.9℃,2001-2005 年为 12.95℃。冬春气温的持续偏高,加快了灰飞虱种群的发育进度,使得发生代数增多。一定的高温有利于灰飞虱种群的增殖,虽然江淮稻区夏季最高气温会达到 38℃以上,但是,稻株下的温度要远低于最高气温,并且日平均温也可能不高,如 2007 年 7 月江苏全省的日平均温仅为 27.3℃(25.4~30.2℃)。另外,夏季高温持续时间不长,达不到本实验所设的持续 30℃的条件。由此说明,江淮及以北稻区的夏季高温可能达不到完全抑制灰飞虱种群发展的效果,而是为种群提供了适宜的较高温度,使得种群数量能保持高位增长,易于暴发。当然,灰飞虱暴发还与耕作制度、水稻品种、抗药性等因素有关,夏季气温与这些因子联合作用后,灰飞虱种群的表现等还有待于进一步研究和明确。

参 考 文 献(References)

Cai BH, Huang FS, Feng WX, Fu YR, Dong QF, 1964. Study on *Delphacodes striatella* Fallén (Homoptera, Delphacidae) in North China. *Acta Entomologica Sinica*, 13(4):552-571. [蔡邦华,黄复生,冯维熊,傅亿荣,董其芬,1964. 华北稻区灰稻虱的研究. 昆虫学报,13(4):552-571]

Chen L, Wu ZJ, Fu GS, Lin QY, Xie LH, 2005. Development of an *in vitro* culture system of primary tissues and cells from embryo of *Laodelphax striatellus* Fallén. *Acta Entomologica Sinica*, 48(3):455-459. [陈来,吴祖建,傅国胜,林奇英,谢联辉,2005. 灰飞虱胚胎组织细胞的分离和原代培养技术. 昆虫学报,48(3):455-459]

Gao DM, Qin WS, Gong LG, Qin WL, 1994. The oversummering feeding experiment of *Laodelphax striatellus* Fallén between rice stripe susceptible and resistant rice. *Plant Protection*, 20(3):21. [高东明,秦文胜,龚林根,秦维勤,1994. 灰飞虱在条纹叶枯病抗、感品种上的越夏饲养试验. 植物保护,20(3):21]

Hachiya K, 1990. Effect of temperature on the developmental velocity of small brown planthopper *Laodelphax striatellus* Fallén. *Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan*, 41:112-113

Lin L, Liu YB, Bao SY, Li XM, 1990. A preliminary studies on the bionomics of *Laodelphax striatellus* (Fallén) and characteristics in transmit rice stripe virus. *Yunnan Agricultural Science and Technology*, 3:16-20. [林莉,刘玉彬,包绍永,李晓铭,1990. 灰飞虱生物学特性及传毒特性研究初报. 云南农业科技,3:16-20]

Liu XD, Zhai BP, Hu ZQ, 2007. Effect of rice type and temperature on the population of the rice small brown planthopper, *Laodelphax striatellus*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(3):348-352. [刘向东,翟保平,胡自强,2007. 高温及水稻类型对灰飞虱种群的影响. 昆虫知识,44(3):348-352]

Liu XD, Zhai BP, Liu CM, 2006. Outbreak reasons of *Laodelphax striatellus* population. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(2):141-146. [刘向东,翟保平,刘慈明,2006. 灰飞虱种群暴发成灾原因剖析. 昆虫知识,43(2):141-146]

Ma JF, Hu GW, Cheng JA, 1998. Survival analysis of three planthopper species at extreme high temperatures: a time-temperature-mortality model. *Entomological Journal of East China*, 7(1):81-86. [马巨法,胡国文,程家安,1998. 高温下三种稻飞虱的生存分析:高温-时间-死亡率模型. 华东昆虫学报,7(1):81-86]

Mahmud FS, 1980. Alary polymorphism in the small brown planthopper *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 28(1):47-53.

Pu MH, 1963. A preliminary study on the small brown planthopper, *Delphacodes striatella* Fallén in South Jiangsu. *Acta Entomologica Sinica*, 12(2):117-135. [浦茂华,1963. 苏南灰稻虱 *Delphacodes striatella* Fallén 的初步研究. 昆虫学报,12(2):117-135]

Ruan YL, Jiang WL, Lin RF, 1981. Studies on the rice virus vector small brown planthopper *Laodelphax striatellus* Fallén. *Acta Entomologica*

Sinica, 24(3): 283 – 290. [阮义理,将文烈,林瑞芬,1981. 稻病毒病介体昆虫灰稻虱的研究. 昆虫学报, 24(3): 283 – 290]

Sun XQ, Wu JJ, Wu AZ, Zhi YE, 2000. A studies on the bionomics of *Laodelphax striatellus* (Fallén). *Journal of Shanghai Agricultural College*, 18(2): 150 – 154. [孙兴全,吴静菊,吴爱忠,支月娥, 2000. 灰飞虱生物学特性研究. 上海农学院学报, 18(2): 150 – 154]

The Teaching and Research Group of Entomology in Baiquan Agricultural College, 1975. Study on *Delphacodes striatella* Fallén (Homoptera, Delphacidae). *Journal of Henan Vocation-Technical Teachers College*, 1(1): 1 – 17. [百泉农业专科学校昆虫教研组, 1975. 灰飞虱的研究. 河南职业技术师范学院学报, 1(1): 1 – 17]

Wang EG, 2007. A study on the population fluctuation and the forecasting models of *Laodelphax striatellus* in rice fields. *Plant Protection*, 33(3): 102 – 107. [汪恩国,2007,灰飞虱中群数量变动规律与模型测报技术研究. 植物保护,33(3): 102 – 107]

Xia WS, 1962. A preliminary study on *Delphacodes striatella* Fallén in the vicinity of Wuchang. *Acta Entomologica Sinica*, 11(2): 105 – 117. [夏温澍,1962. 武昌灰稻虱的初步研究. 昆虫学报, 11(2): 105 – 117]

Zhang XX, 2002. Insect Ecology and Forecast. 3rd ed. China Agriculture Press, Beijing. 77 – 220. [张孝羲, 2002. 昆虫生态及预测预报. 第三版. 北京: 中国农业出版社. 77 – 220]

(责任编辑：袁德成)